Aus der Medizinischen Klinik E
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. H. Zimmermann

UNTERSUCHUNG VON FARBSEHSTÖRUNGEN BEI PATIENTEN MIT DIABETES MELLITUS

DISSERTATION
zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

JUDITH VON MARCHTALER
und
CHRISTOPH VON MARCHTALER

1983

Aus der Medizinischen Klinik E
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. H. Zimmermann

UNTERSUCHUNG VON FARBSEHSTÖRUNGEN BEI PATIENTEN MIT DIABETES MELLITUS

DISSERTATION
zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

JUDITH VON MARCHTALER
und
CHRISTOPH VON MARCHTALER

1983

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Düsseldorf

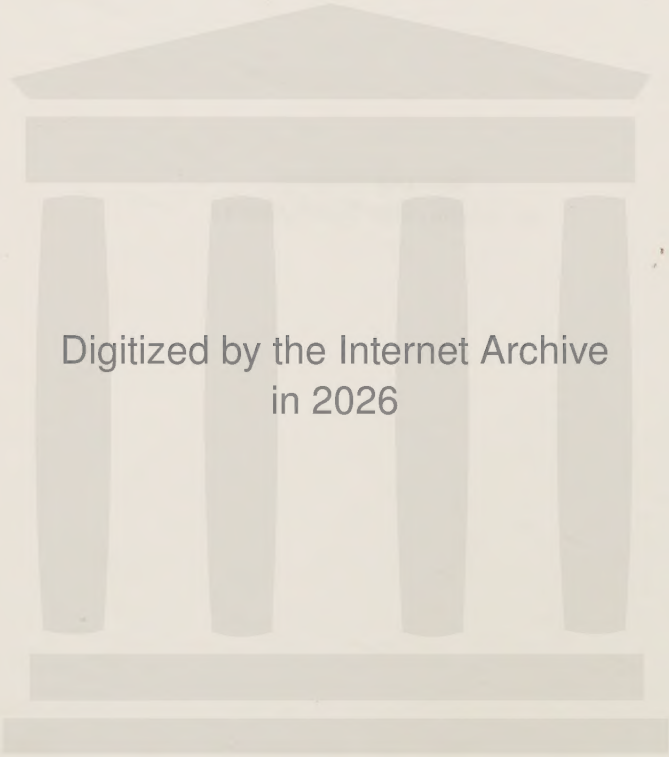
Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof.Dr. G. Arnold

Referent
gez.: Prof.Dr. M. Berger

Korreferent
gez.: Prof.Dr. W. Hammerstein

Unseren Eltern
in Liebe und Dankbarkeit


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543909_0098

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Patienten-, Material- und Methodenbeschreibung	6
2.1	Patientenkollektiv	6
2.2	Material- und Methodenbeschreibung	8
2.2.1	Niedentafel	8
2.2.2	Ishihara Tests zur Diagnostik der Farbblindheit	9
2.2.3	Farnsworth-Munsell 100-hue Test	10
2.2.4	Clinitest^{R}-5-Tropfen-Methode	16
2.3	Statistische Berechnungen	18
3.	Ergebnisse	19
3.1	Ergebnisse der Niedentafel	19
3.2	Ergebnisse des Ishihara Tests	19
3.2.1	Normale Befunde	19
3.2.2	Pathologische Ergebnisse	20
3.3	Ergebnisse des Farnsworth-Munsell 100-hue-Tests	22
3.3.1	Normale Befunde	22
3.3.2	Pathologische Befunde	23
3.4	Ergebnisse des Clinitests^{R}	26
3.4.1	Richtiges Ablesen des Clinitests^{R}	26
3.4.2	Falsches Ablesen	28
3.5	Gegenüberstellung der verschiedenen Farbsehtests	31
3.5.1	Diabetiker mit gleichartigen Farbsehstörungen im Ishihara Test und FM 100-hue Test	31
3.5.2	Diabetiker mit spezifischen Farbsehstörungen im Ishihara Test und normalen FM 100-hue Testergebnissen	31
3.5.3	Diabetiker mit unauffälligem Ishihara-Test und Farbsehstörungen im FM 100-hue Test	33
3.5.4	Diabetiker mit unterschiedlich pathologischen Ergebnissen in Ishihara Test und FM 100-hue Test	33
3.5.5	Diabetiker mit richtiger Zuordnung des Clinitests^{R} trotz spezifischer Farbsehstörung im Ishihara Test und im FM 100-hue Test	34

		Seite
4.	Diskussion	37
5.	Zusammenfassung	49
6.	Literaturverzeichnis	51

1. Einleitung

Im Laufe des Diabetes mellitus kommt es zu spezifischen und unspezifischen Gefäßkomplikationen, dem sogenannten Diabetes-Spätsyndrom, die in der Gesamtheit eine erhebliche Steigerung der Morbidität und der Mortalität des Diabetikers verursachen. In den letzten Jahren ist der Kausalzusammenhang zwischen der Langzeitqualität der Blutglucoseeinstellung und der Inzidenz und dem Ausmaß der diabetesspezifischen Spätkomplikationen, d.h. insbesondere der diabetischen Mikroangiopathie bewiesen worden (1-7). Es kann daher als gesichert gelten, daß durch eine permanente Normalisierung des Glucosestoffwechsels die Entstehung der diabetischen Mikroangiopathie verhindert werden kann. Eine entscheidende Grundlage für die dauerhafte Sicherung einer guten Einstellung des Glucosestoffwechsels ist die kontinuierliche Stoffwechselselbstkontrolle durch den Patienten.
Derzeit sind eine Reihe von Methoden zur Stoffwechselselbstkontrolle verfügbar, die sämtlich auf dem Farbvergleich von Teststreifen und Standar farbtafeln beruhen (siehe Tabelle 1).
Für die Verwendung dieser Teststreifen ist die Fähigkeit zum ungestörten Farbsehen Voraussetzung. In den letzten Jahren sind wiederholt Berichte veröffentlicht worden, denen zufolge bei Diabetikern Farbsehstörungen in wesentlich häufigerem Maße auftreten als in der Normalbevölkerung (8-10).

Tabelle 1: Teststreifenmethoden für die Stoffwechselselbstkontrolle durch Patienten mit Diabetes mellitus

Diagnostika	Urinzucker	Urinaceton	Blutzucker	Farbabstufungen
Ratio-Test® Boehringer	+	-	-	gelb-grün
Glucotest® Boehringer	+	-	-	gelb-grün-dunkelgrün
S-Glucotest® Boehringer	+	-	-	gelb-hellgrün-graugrün
Clinistix®	+	-	-	rotviolett-violett
Diabur-Test® Boehringer	+	-	-	gelb-grün-grünblau
Diastix® Miles	+	-	-	grün-grünbraun-braun
Clinitest® Miles	+	-	-	blau-olivgrün-orange
Keto-Diastix® Miles	+	+	-	Aceton: lavendelviolett Zucker: grün-braun
Keto-Diaburtest®	+	+	-	Aceton: rosa-violett Zucker: gelb-grün-grünblau
Acetest® Miles	-	+	-	lavendel-violett
Ketostix® Miles	-	+	-	lavendel-violett
Keturtest® Boehringer	-	+	-	rosa-violett
Keto-Merckognost® Merck	-	+	-	rosa-violett
Dextrostix® Miles	-	-	+	gelb-grau-blaugrau
Hämoglukotest 80-200 R Boehringer	-	-	+	türkis-grünblau-blaugrün
Visidex® Miles	-	-	+	hellgrün-dunkelgrün-rosa-altrosa

In den europäischen Bevölkerungen leiden 4-5% an angeborenen Farbsehstörungen, wobei das männliche Geschlecht mit 8-10% weitaus häufiger als das weibliche (mit 0,4%) betroffen ist (11-12). Die verbreitetste Farbsehstörung ist die Rotgrünblindheit, die x-chromosomal rezessiv vererbt wird.
Nach der 3-Komponententheorie von Young-Helmholtz (11) sind für das Farbsehen drei Arten von Zapfen, die sich auf der Retina befinden, verantwortlich. Der Normalfarbensichtige, auch Trichromat genannt, besitzt rot, grün und blau empfindliche Zapfen. Die Dichromaten leiden unter dem Ausfall einer Zapfengruppe, fehlt ihnen die Empfindung für rot, bezeichnet man sie als Protanope, oder die Empfindung für grün, so sind es Deutanope, oder aber die für blau, so handelt es sich um Tritanope. Eine zwischen den Tri- und Dichromaten liegende Gruppe stellen die anomalen Trichromaten dar. Bei ihnen wird eine herabgesetzte Empfindlichkeit der Zapfen angenommen. Sie sind entweder protanomal, deutanomal oder tritanomal. Bei der totalen Farbenblindheit, auch Achromatopsie genannt, besteht eine Unempfindlichkeit für alle Farben, dabei werden alle Farbreize als unbunte Empfindungen verschiedener Helligkeiten wahrgenommen. Hier gibt es drei Untergruppen:

1. Die Achromatopsie mit Amlyopie, Zentralskotom und vereinzelt Nystagmus,
2. die Achromatopsie ohne Amlyopie,
3. die inkomplette Achromatopsie mit verminderter Sehschärfe, bei ihr ist di- oder trichromatisches Farbensehen möglich.

Tabelle 2: Häufigkeiten der angeborenen Farbsehstörungen (11-12)

Art der Defekte	Häufigkeiten	Art des Farbsehens
Rot-grün-Defekte	8-10(männlich)	
Protanopie	1	dichromatisch
Deutanopie	1	dichromatisch
Protanomalie	1	trichromatisch
Deutanomalie	5	trichromatisch
Blau-gelb-Defekte		
Tritanopie	+ 0,0001-0,002	dichromatisch
Tritanomalie		trichromatisch
Achromatopsie	0,003	tri-,di-,monochromatisch

Bei denen im Rahmen des Diabetes mellitus auftretenden Farbsehstörungen handelt es sich um erworbene Farbsehdefekte. Besonders stark ist die Tritanomalie bzw. die Tritanopie vertreten (8-9). Barca und Vaccara (10) fanden bei 30% ihrer Patienten blau-gelb Störungen. Laut Kinnear et al. (8) sind Deutan- und Protandefekte bei Diabetikern genauso häufig wie bei der Normalbevölkerung, lediglich bei Zuckerkranken über 60 Jahren stellten sie leicht vermehrte Rot-Grünstörungen im Gegensatz zur Normalbevölkerung fest.

Ziel dieser Arbeit war es, an einem großen Kollektiv von 345 Diabetikern eine komplette Analyse des Farbsehvermögens durchzuführen. Nachgewiesene Farbsehstörungen sollten im folgenden auf ihre Beziehung zur diabetischen Retinopathie und anderer Parameter des Patientenkollektivs untersucht werden. Schließlich sollte an einer kleinen Gruppe von Diabetikern geprüft werden, inwieweit nachgewiesene Farbsehstörungen die Fähigkeit der Patienten, eine bestimmte Harnzuckerselbstkontrolle durchzuführen (hier den Clinitest), beeinträchtigen.

2. Patienten-, Material- und Methodenbeschreibung

2.1 Patientenkollektiv

Wir untersuchten 345 Diabetiker, 194 Frauen und 151 Männer im Alter zwischen 7 und 79 Jahren. Das durchschnittliche Alter lag bei 48 (±21) Jahren. Mit einer modifizierten Broca Formel errechneten wir das Idealgewicht (IG) unserer Patienten.

$$IG_{weiblich} = \text{Körperlänge} - 100 \times 0{,}85$$

$$IG_{männlich} = \text{Körperlänge} - 100 \times 0{,}90$$

Für die Frauen ergab sich ein mittleres IG von 52 (±6) Kg und für die Männer 66 (±9) Kg. Das tatsächliche Gewicht unserer Patienten lag jedoch über diesen Werten des Idealgewichts. Um dieses Übergewicht zu quantifizieren, bedienten wir uns des Broca Index (BI) mit der Formel:

$$BI = \frac{\text{tatsächliches Gewicht}}{IG}$$

Für die Diabetikerinnen erhielten wir einen Broca Index von 1,3, für die Diabetiker einen Wert von 1,1 (Normalwert BI = 1,0).
Die Diabetesdauer der Untersuchten betrug 11 (±8)J. (Bereich wenige Wochen bis zu 39 Jahren).
70% (=240) der Zuckerkranken waren insulinpflichtig, 29% (=99) nahmen orale Antidiabetika und 2% (=6) regulierten dietätisch ihren Glucosestoffwechsel. Bei jedem Diabetiker erfolgte eine augenärztliche Untersuchung zur Beurteilung des Augenhintergrundes auf diabetische Veränderungen. Pathologische Ergebnisse wurden einem definierten Retinopathieschema zugeordnet: vermehrte kapillare Schlängelungen, vereinzelte Mikroaneurysmen, kleine intraretinale Blutungen und geringe Lipid-

ablagerungen, sogenannte harte Exsudate, werden als Retinopathie I bezeichnet. Bei einer Retinopathie II finden sich zahlreiche intraretinale Blutungen und viele ausgeprägte harte Exsudate. Eine Retinopathie III stellt das proliferative Stadium der Retinopathie dar; sie zeichnet sich durch die genannten Befunde und Neovaskularisationen aus, die Folge der zerstörten Gefäße und der damit zusammenhängenden Ischämie der Netzhaut sind. Es kann zu Sehverschlechterungen durch präretinale Blutungen zwischen Netzhaut und Glaskörper kommen. Die gefürchtetsten Komplikationen sind Netzhauttraktionen und ein hämorrhagisches Glaukom, welche zur Erblindung führen.
Der Großteil unserer Patienten, nämlich 75% (=258), zeigten keine diabetischen Augenhintergrundveränderungen, bei ihnen betrug die mittlere Diabetesdauer 9 (± 7) Jahre. 17% (=60) der Patienten (mittlere Diabetesdauer 17 (±7) Jahre) besaßen eine Retinopathie I, eine Retinopathie II zeigten 5% (=16) der Untersuchten (mittlere Diabetesdauer 17 (±7) Jahre) und 3% (=11) der Patienten mit einer mittleren Erkrankungsdauer von 17 (±7) Jahren hatten eine Retinopathie III.

Tabelle 3: Darstellung verschiedener Parameter der von uns untersuchten 345 Diabetiker

Gesamtzahl = 345	Broca Index	Alter (J)	Diabetesdauer	keine R	R_I	R_{II}	R_{III}
Frauen 194	1,3	48	11	258	60	16	11
Männer 151	1,1						

Zur Zeit der Untersuchung waren 16% der Patienten in stationärer Behandlung in der medizinischen Universitätsklinik Düsseldorf, im Diabetes-Forschungsinstitut 15% und in der Waldklinik Hösel bei Ratingen 69%.

2.2 Material- und Methodenbeschreibung

Die Untersuchungen wurden bei allen Patienten unter identischen Bedingungen durchgeführt. Es wurde kein Zeitlimit zur Lösung der einzelnen Tests festgesetzt, jeder Patient erhielt die für ihn nötige Zeit zur Durchführung der Aufgabe. Alle Tests wurden bei Tageslicht und in einem Leseabstand von ca. 35 bzw. 75 cm durchgeführt.

2.2.1 Niedentafel

Der Beurteilung des Visus wurde zugrundegelegt: Schriftproben zur Bestimmung der Sehschärfe von Dr.A.Nieden, Achte Auflage, Neudruck 1959, herausg.Prof.E.Hummelsheim, Verlag J.F.Bergmann, München.
Sie unterteilt sich auf der Vorder- und Rückseite in sieben von oben nach unten gestaffelte Abschnitte. Der Druck ist schwarz auf weißem Papier. Auf der einen Seite ist der gedruckte Text und die darunter stehende arabische Zahlenreihe in lateinischer Schrift gehalten, auf der anderen die Schrift in deutschen Lettern, die Zahlenreihe wieder in arabischen Ziffern. Der erste Abschnitt beginnt mit dem kleinsten Druck, ihm wird Nieden eins zugeordnet.Der folgende,in der Schrift nächstgrößere Absatz, wird Nieden zwei zugeteilt und so fort bis zu

Nieden sieben. Je schlechter der Visus ist, desto höher ist die erreichte Niedenzahl. Für jedes Auge wurde die Sehkraft nach Nieden bestimmt, das andere nicht untersuchte Auge wurde beim Lesen abgedeckt. Nötige Korrekturhilfen, d.h. Augengläser oder Kontaktlinsen,sollten auf- bzw. eingesetzt bleiben, da es uns nicht auf die eigentliche Visusbestimmung des un- bzw. korrigierten Auges ankam, sondern auf das möglichst genaue Erkennen von Farben. Dabei ist einsichtig, daß ein gutes oder korrigiertes Auge Farben besser sieht, als ein schlechtes oder unkorrigiertes. Barca und Vaccari (13) fanden bei ihren Untersuchungen, daß mit zunehmend schlechterem Visus das Farbunterscheidungsvermögen abnahm. Immer beginnend mit dem kleinsten Abschnitt, erhielt der Patient den entsprechenden Niedenwert für den ersten von ihm lesbaren Abschnitt.

2.2.2 Ishihara Tests zur Diagnostik der Farbblindheit

Die Bestimmung von angeborenen Rot-Grünstörungen wurde mit den folgenden Tafeln durchgeführt:
Ishihara Tests for Colour-Blindness by S.Ishihara, 24 plates,1979, Verlag Kanehara Shuppan Co.,Ltd. Tokyo.
Der Test besteht aus 24 farbigen Tafeln. Jedes Bild setzt sich aus farbigen Punkten zusammen, wobei für den Farbsehtüchtigen auf 15 Abbildungen eine oder zwei Ziffern zu erkennen sind. Bei zwei weiteren erkennt nur der Farbsehuntüchtige Ziffern. Weiterhin gibt es sechs Tafeln für Analphabeten, bei richtigem Farbempfinden verfolgen sie eine vorgegebene Linie. Eine siebte, für Leseunkundige, zeigt dem Gesunden ein ungeordnetes Farbmuster, während der

Farbsehgestörte eine Linie verfolgen kann. Wir benutzten lediglich die ersten 17 Tafeln, die folgenden sieben benötigten wir nicht, da sie für Analphabeten gedacht sind. Hatte der Patient mindestens 13 Tafeln richtig vorgelesen, bestand kein Grund, eine Farbsehstörung anzunehmen. Die Zahl auf der ersten Seite kann unabhängig vom Vorhandensein von Farbsehstörungen erkannt werden. Bei den weiteren Tafeln sieht der Farbsehtüchtige andere Zahlen oder Linien als der Farbsehgestörte. Anhand der Begleitschrift zu diesem Test haben wir die Ergebnisse ausgewertet.

2.2.3 Farnsworth-Munsell 100-hue Test

Zur Überprüfung des Farbunterscheidungsvermögens im Rot-, Grün- und Blau-Gelbbereich benutzten wir den Farnsworth-Munsell 100-hue Test, Munsell Color Company, vertrieben durch Luneau et Coffignon, Paris. Mit ihm kann man sowohl angeborene als auch erworbene Farbsehstörungen beurteilen. In vier Kästen befinden sich insgesamt 85 schwarze Steine, die in ihrer Mitte einen jeweils unterschiedlichen, 12 mm kleinen Farbpunkt tragen. Zur Anwendung kommen matte Farbtöne von gleicher Helligkeit und Sättigung. Der Farbunterschied von einem Stein zum nächsten stellt den geringst möglichen Farbabstand dar, den das Auge braucht, um zwei geringfügig voneinander unterschiedliche Farbtöne unterscheiden zu können. Alle vier Kästen sind im Aufbau identisch und bestehen aus Deckel und Boden, die über Scharniere verbunden sind. Beim Öffnen liegt der Boden flach auf der Unterlage, und der Deckel steht im 45°-Winkel

zum Tisch, dadurch ergibt sich die optimale Betrachtungsweise für den Patienten. Die Innenseiten des Kastens sind matt schwarz lackiert, um einen möglichst großen Kontrast zu den einzuordnenden Farben herzustellen. Außerdem befinden sich an den Enden jedes Bodens jeweils ein befestigter, mit den anderen 85 identischer Stein. Er stellt den Anfang- und Endfarbton der einzuordnenden Farbreihe dar. Der Inhalt besteht also aus den zwei fixierten und beim ersten Kasten aus weiteren 22, bei den übrigen drei aus je 21 zusätzlichen Farbsteinen. Die Farben des ersten Kastens reichen von rosa gleichmäßig abgestuft bis zu gelbgrün, beim zweiten von gelb-grün bis hin zu blaugrün, beim dritten von blau-grün bis zu violett und beim vierten von violett zu rosa. Jeweils der letzte Farbstein eines Kastens findet seine Fortsetzung im ersten Stein des nächsten und die letzte Farbe des vierten Kastens ihren Anschluß im ersten Stein des Startkastens. Zur Durchführung des Tests wurden die losen Farbsteine des jeweiligen Kastens vor dem Patienten mit dem Farbpunkt nach oben ausgeschüttet und gemischt. Bei optimalem Ergebnis erhält man eine stufenlose Farbfolge. Dies kontrolliert man anhand der auf der Unterseite der Steine befindlichen Nummern. Eine fehlerfreie Einordnung ergibt eine fortlaufende Zahlenreihe. Der erste lose Farbstein trägt die Nummer 85, der zweite die Nummer 1, der dritte die Nummer 2 und so fort bis zur letzten herausnehmbaren Farbe des vierten Kastens, die durch die Zahl 84 gekennzeichnet ist. Die vom Patienten eingeordnete Farbfolge wird anhand der Zahlen notiert. Für jede Zahl errechnet man die Differenz zur voran- und nachste-

henden Zahl. Diese beiden Resultate werden addiert und ergeben einen Punkt auf dem für diesen Test eigenen Diagramm. Diese Rechnung muß für jede der 85 Zahlen durchgeführt werden. Das entstehende zirkuläre Schaubild ermöglicht Rückschlüsse auf Farbsehschwächen und spezifische Farbsehdefekte. Letztere zeigen auf dem Diagramm zwei fast gegenüberliegende Fehlerspitzen. Das Fehlermaximum dieser Zonen liegt bei Protanstörungen zwischen den Punkten 62 und 70 und auf der gegenüberliegenden Seite um den Punkt 14 (siehe Schaubild 1). Die Bezifferung der Punkte auf dem Diagramm ist vorgegeben und nicht zu verändern. Sie dient der rechnerischen Übertragung der durch den Patienten gesetzten Steinreihe auf das Diagramm. Deshalb erhält z.B. jeder Protanomale bzw. Protanope eine immer in die gleiche Richtung verlaufende Achse auf dem Diagramm. Bei einer Deutanstörung wird sich eine Achse zwischen den Punkten 56-61 und dem Punkt 23 ergeben (siehe Schaubild 2). Für die Tritanstörungen findet man eine Spitze zwischen den Punkten 46-52 und einem korrespondierenden Höchstausschlag zwischen den Punkten 84-4 (siehe Schaubild 3). Zusätzlich zu den eben genannten spezifischen Farbsehdefekten kann man mit Hilfe des Farnsworth-Munsell 100-hue Test verschiedene Grade des Farbunterscheidungsvermögens feststellen. Nach einer Einteilung von Farnsworth (14) verfügen diejenigen über ein überdurchschnittliches Farbunterscheidungsvermögen, die eine Fehlerpunktzahl von 0 bis 16 Punkten erreichen. Hierzu gehören 16% der Normalbevölkerung.

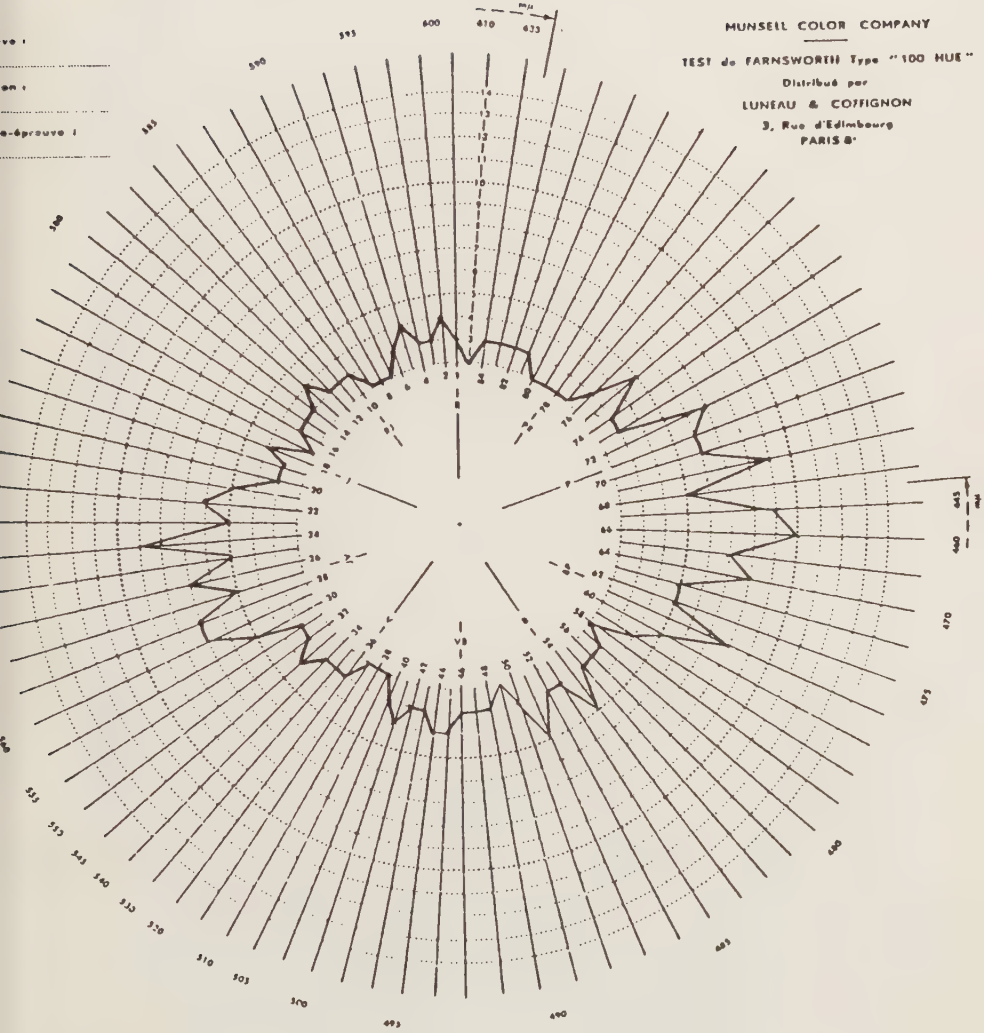


Schaubild Nr. 1

Farnsworth-Munsell Diagramm eines Protanopen

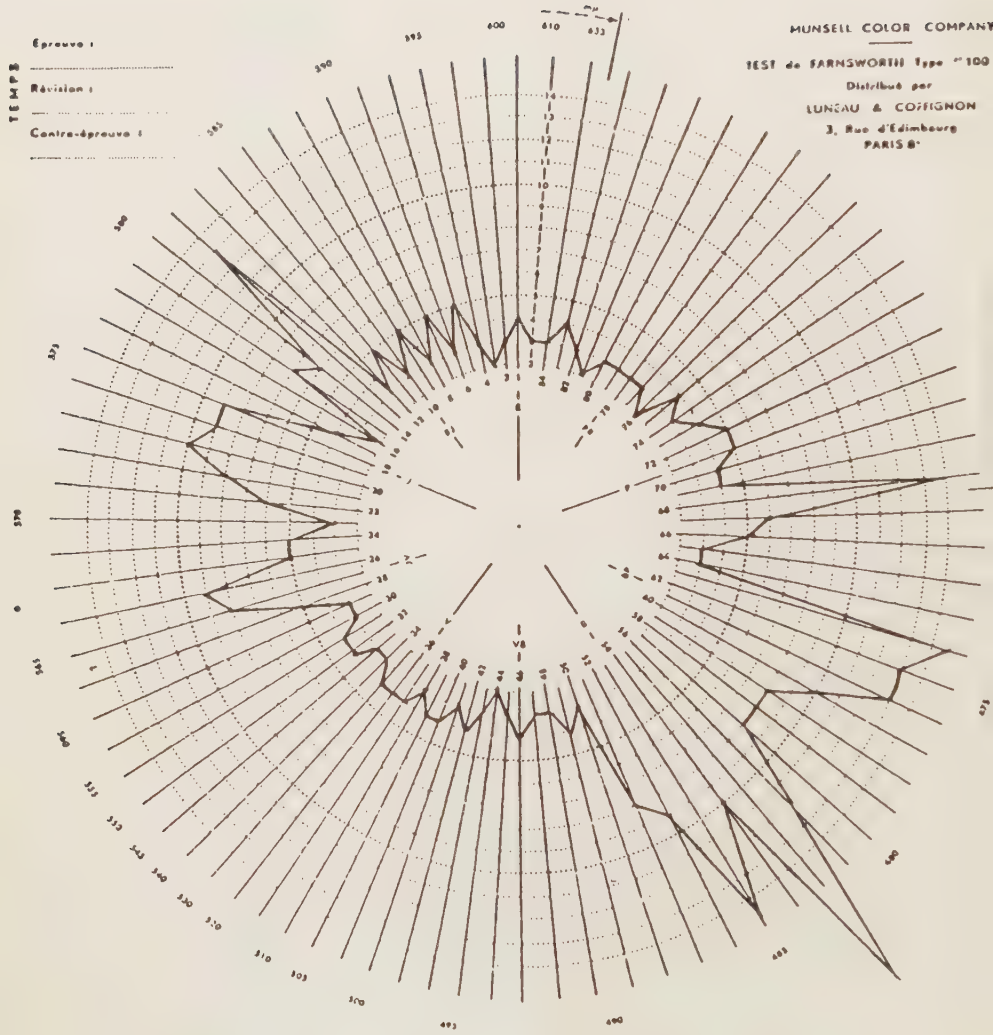


Schaubild Nr. 2

Farnsworth-Munsell Diagramm eines Deutanopen

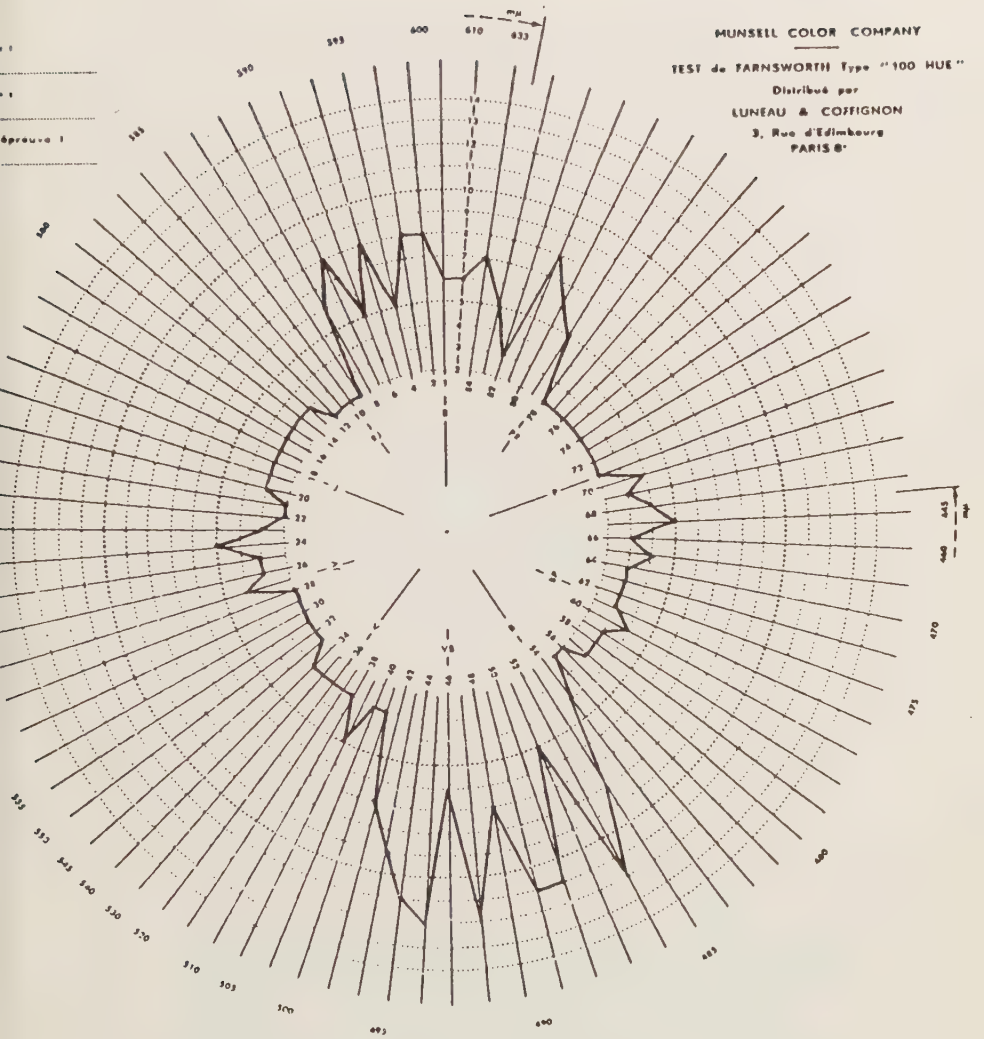


Schaubild Nr. 3

Farnsworth-Munsell Diagramm eines Tritanopen

Menschen mit durchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen erzielen 20 bis 100 Punkte. 68% der Normalbevölkerung gehören dieser Gruppe an. Lediglich 16% der Normalbevölkerung erreichen mehr als 100 Fehlerpunkte und zeichnen sich somit durch unterdurchschnittliches Farbunterscheidungsvermögen aus.

2.2.4 Clinitest^{R}-5-Tropfen-Methode

Der Clinitest^{R} der Miles GmbH, Sparte Ames Diagnostika, Frankfurt/Main, dient der Selbstkontrolle des Harnzuckerspiegels durch den Patienten. Das notwendige Besteck besteht aus den Clinitest^{R} Tabletten, einem Tropfer und den Reagenzgläsern.
Das Verfahren beruht auf einem Reduktionsvorgang. Die Durchführung beginnt mit der Eingabe von fünf Tropfen frisch gewonnenen Harns in das Reagenzglas, anschließend gibt man in dasselbe Glas zehn Tropfen Wasser. Zuletzt fügt man eine Clinitest^{R} Tablette hinzu. Die Flüssigkeit reagiert kochend und schäumend. Genau 15 Sekunden nach Ablauf der Reaktion wird der entstandene Farbton mit der 5-Tropfenfarbskala des Clinitest^{R} Begleitheftes verglichen.
Die Skala zeigt sechs verschiedene Farbtöne. Die blaue Farbe besagt, daß der untersuchte Urin keinen Zucker enthält. Grün ist der Indikator für 1/4% Glucosegehalt, die beiden Olivtöne für 1/2% und 3/4%, braun für 1% und orange als Warnfarbe für 2% Glucosegehalt. Der Patient kann also messen, wieviel Zucker er mit dem Harn ausscheidet, bzw. wie gut sein Diabetes zur Zeit eingestellt ist. Da diese Methode eine gute Farbunterscheidung voraussetzt, stellt sich die Frage, ob Zuckerkranke mit ihren

vielfach diskutierten Farbsehschwächen die notwendige Farbzuordnung richtig treffen können.
Um dies zu überprüfen, wollten wir sechs Flüssigkeiten herstellen, die exakt denen der Clinitest^{R} 5-Tropfenfarbskala entsprechen. Diese sollten dann einem kleinen Teil von 30 Patienten vorgelegt werden. Bei der Reproduktion dieser Lösungen stellten wir aber fest, daß die Farbtöne nicht zeitstabil waren. In der Tat blieb jeder Farbton nur über 15 Sekunden konstant. Auch die Hersteller des Clinitest^{R}, die Firma Miles, war nicht in der Lage, eine Methode zur Stabilisierung der Farbtöne der Clinitest-Reaktion im Urin anzugeben. Daher entschlossen wir uns, die einzelnen Reaktionen für jeden Patienten vorzubereiten.
Dazu benötigten wir eine 25% Glucoselösung, ca.250 ml zuckerfreien Harn, den wir zuvor auf seine Negativität mit dem Clinitest^{R} überprüften und Reagenzgläser. Zur Herstellung einer 1/4% Harnzuckerlösung vermischten wir 0,5 ml 25% Glucoselösung in 50 ml negativem Urin. Nun pipettierten wir 5 ml dieser 1/4% Harnglucoselösung in ein Reagenzglas und setzten mit einer Pipette 10 Tropfen Wasser hinzu. Mit dieser Lösung gingen wir am gleichen Tag in die Kliniken. Im Beisein des Patienten gaben wir nun in dieses Gemisch eine Clinitest^{R} Tablette. Unmittelbar nach Ablauf der 15 Sekunden nach Reaktionsende wurde der Diabetiker aufgefordert, die im Reagenzglas entstandene farbige Flüssigkeit dem gleichfarbigen Druck im Clinilog Testbuch zuzuordnen. Diesen Ablauf behielten wir für die folgenden fünf Farben bzw. Harnzuckerkonzentrationen bei. Lediglich die Menge der 25% Glucoselösung wurde zum Erreichen

der gewünschten Harnzuckerkonzentration variiert, alle anderen Parameter wurden unverändert übernommen. So nahmen wir für die 1/2% Urinzuckerkonzentration 1,0 ml 25% Glucoselösung,vermengt mit 50 ml negativem Urin, für die 3/4% 1,5 ml, für die 1,0% 2 ml und für die 2,0% 4,0 ml der 25% Zuckerlösung, wiederum jeweils vermischt mit 50 ml negativem Harn.

2.3 Statistische Berechnungen

Die statistischen Berechnungen erfolgten nach Standardverfahren. Im Test und in den Tabellen sind durchweg Standardabweichungen (±SD) für die arithmetisch berechneten Mittelwerte angegeben.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Niedentafel

Das Lesen der Niedentafel diente uns als Auswahlkriterium, weil ein schlechter Visus auch vermehrt Schwierigkeiten in der Farbunterscheidung mit sich bringt und den Mindestanforderungen für die folgenden Tests nicht genügte. Daher mußten alle Patienten, die den fünften Abschnitt der insgesamt sieben nicht lesen konnten, ausscheiden. Ihre Anzahl wurde nicht notiert, da wir mit der Niedentafel keine genaue Visusbestimmung durchführten, da alle Patienten diesen Test mit ihren Sehhilfen lesen sollten.

3.2 Ergebnisse des Ishihara Tests

3.2.1 Normale Befunde

94% (=324) der 345 Patienten zeigten hier unauffällige Befunde bezüglich einer Rot-Grünstörung. Aufgeteilt auf die beiden Geschlechter bedeutet das: 98% (=190) Diabetikerinnen und 89% (=134) Diabetiker besaßen weder Protan- noch Deutandefekte. Das durchschnittliche Alter dieser Gruppe betrug 48 (±21) Jahre, bei einer mittleren Diabetesdauer von 11 (±7) Jahren. Von diesen 324 Patienten zeigten 75% (=243) keine Retinopathie, bei 25% (=81) wurde eine Retinopathie unterschiedlichen Ausmaßes festgestellt. Davon hatten 17% (=56) eine Retinopathie I, 4% (=14) eine Retinopathie II und 4% (=11) eine Retinopathie III.

3.2.2 Pathologische Ergebnisse

Bei 6% (=21) der Diabetiker stellten wir anhand der Ishiharatfeln Farbsehstörungen fest. Davon waren 1% (=4) Frauen und 5% (=17) Männer betroffen. Diese Patienten waren im Durchschnitt 53 (±16) Jahre alt, die mittlere Diabetesdauer betrug 16 (±9) Jahre. Die Relation derjenigen ohne Retinopathie zu denen mit Retinopathie betrug 2,5:1, d.h. 71% (=15) hatten keine diabetischen Netzhautveränderungen, 19% (=4) eine Retinopathie I und 10% (=2) eine Retinopathie II.

Bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv lag bei 4,3% (=15) eine Deutanstörung vor, d.h. 3,7% der männlichen und 0,6% der weiblichen Diabetiker zeigten Defekte im Farbensehen im Grünbereich. Davon besaßen 1,4% (=5) eine Deutanomalie und 2,9% (=10) eine Deutanopie.
Nur 1,2% (=4) aller Patienten zeigten eine Protanopie.
Eine Achromatopsie stellten wir bei 0,6% (=2) der Patienten fest. Sie konnten außer der ersten Tafel, die auch für Farbenblinde lesbar ist, keine weitere erkennen.
6% (=15) der 258 Patienten ohne diabetische Retinopathie und 7% (=6) der 87 Diabetiker mit Retinopathie wiesen eine Rot-Grün-Sehstörung auf (siehe Tabelle 9).

Tabelle 4: Verschiedene Parameter der Diabetiker mit durchgeführtem Ishihara Test, aufgeteilt nach normalen und pathologischen Testergebnissen.

Testergebnisse	Alter	Diabetes-	R_0	R_I	R_{II}	R_{III}	R_0:$R_{I,II,III}$
normale T. = 94%	48 (±21)	11 (±7)	75%	17%	4%	4%	3 : 1
pathologische T. = 6%	53 (±16)	16 (±9)	71%	19%	10%	-	2,5: 1

R=Retinopathie

Tabelle 5: Art und Häufigkeit der verschiedenen Farbsehstörungen nach Durchführung des Ishihara Tests bei 345 Patienten mit Diabetes mellitus

Farbsehstörung	Männer (%)	Frauen (%)
Deutanomalie	1,4	-
Deutanopie	2,3	0,6
Protanomalie	-	-
Protanopie	0,9	0,3
Farbblindheit	0,3	0,3

3.3 Ergebnisse des Farnsworth-Munsell-100 hue Tests

3.3.1 Normale Befunde

Bei 94% (=324) aller Diabetiker fanden wir bei der Durchführung des Farnsworth-Munsell 100-hue Tests (FM 100-hue Test) keine Veränderungen im Sinne einer definierten Farbsehstörung. Ihr durchschnittliches Alter betrug 48 (±21) Jahre und ihre mittlere Diabetesdauer lag bei 11 (±7) Jahre. Das Verhältnis derjenigen ohne Retinopathie zu denen mit Retinopathie betrug 76% zu 24% oder 3,2:1. Dabei wiesen 17% (=54) der Patienten eine Retinopathie I, 5% (=15) eine Retinopathie II und 2% (=8) eine Retinopathie III auf (siehe Tabelle 6).

Um eine genauere Differenzierung der Farbsensibilität der Patienten ohne pathologische Farbsehstörungen durchführen zu können, haben wir sie, je nach Anzahl der erreichten Fehlerpunkte, im FM 100-hue Test in drei verschiedene Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe sind Diabetiker mit überdurchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen. Sie haben eine Fehlerpunktzahl zwischen 0 und 16 Punkten erreicht. Hierzu gehörten 11% (=36) Diabetiker. Sie waren durchschnittlich 28 (±18) Jahre alt, ihre mittlere Diabetesdauer betrug 7 (±5) Jahre. Das Verhältnis der Patienten ohne Retinopathie zu denen mit Retinopathie betrug 34 zu 2 oder 17:1. In beiden Fällen lag eine Retinopathie I vor. Die zweite Gruppe mit durchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen erzielte 20 bis 100 Fehlerpunkte. 54% (=174) der Diabetiker lagen in diesem Bereich. Sie waren durchschnittlich 45 (±7) Jahre alt , ihre mittlere Diabe-

tesdauer betrug 11 (±7) Jahre. Das Verhältnis der Zuckerkranken ohne Retinopathie zu denjenigen mit Retinopathie lag hier bei 133 zu 41 oder 3,2 : 1. Dabei hatten 29 eine Retinopathie I, 6 eine Retinopathie II und weitere 6 eine Retinopathie III. Über geringes Farbunterscheidungsvermögen verfügten diejenigen, die mehr als 100 Punkte erzielten. 35% (=114) der von uns untersuchten Diabetiker gehörten in diese Kategorie. Sie waren im Durchschnitt 57 (±17) Jahre alt, ihre mittlere Diabetesdauer betrug 12 (±7) Jahre. Das Verhältnis keine Retinopathie zu einer Retinopathie lag bei 80 zu 34 entsprechend 2,4 : 1. 23 der Patienten mit diabetischen Netzhautveränderungen hatten eine Retinopathie I, 9 eine Retinopathie II und 2 eine Retinopathie III.

.3.2 Pathologische Befunde

6% (=21) der 345 Diabetiker zeigten einen pathologischen FM 100-hue Test. Diese Gruppe bestand aus 8 Frauen und 13 Männern. Sie waren durchschnittlich 59 (±13) Jahre alt, ihre mittlere Diabetesdauer betrug 17 (±11) Jahre. Das Verhältnis an Farbsehstörungen Erkrankter ohne Retinopathie zu denen mit Retinopathie betrug 11 zu 10 oder 1,1:1. Davon hatten 6 eine Retinopathie I, einer eine Retinopathie II und 3 eine Retinopathie III (siehe Tabelle 6).
3% (=9) dieser Patienten hatten Störungen im Grünbereich. Unter diesen 9 Diabetikern, die alle männlich waren, besaßen 4 eine Deutanomalie, die übrigen eine Deutanopie. Die Deutanomalen erzielten

Fehlerpunktzahlen zwischen 146 und 197 und die Deutanopen zwischen 258 und 338 Punkten. Nur drei dieser Untersuchten hatten eine Retinopathie I, alle anderen besaßen keine diabetischen Netzhautveränderungen. Das entspricht einem Verhältnis von 3:1 (siehe Tabelle 6).

0,9 (=3) der Patienten, eine Frau und zwei Männer, zeigten Störungen im Rotbereich. Der Protanomale, der zusätzlich ein allgemein reduziertes Farbunterscheidungsvermögen hatte, erzielte 306 Fehlerpunkte, die beiden Protanopen 151 und 168 Punkte. Das Verhältnis des normalen Fundus zur Retinopathie betrug hier 2:1. Dabei zeigte die Patientin eine Retinopathie II (siehe Tabelle 6).

1,5% (=5) der Diabetiker, vier Frauen und ein Mann, zeigten Veränderungen im Sinne einer Tritanopie. Sie erreichten Fehler zwischen 184 und 365 Punkte. Es lag ein Verhältnis von 1:1,5 für die Diabetiker ohne Retinopathie zu solchen mit Retinopathie vor. Zwei Patienten hatten eine Retinopathie I und ein Patient eine Retinopathie III (siehe Tabelle 6).

Bei weiteren 1,2% (=4) der Patienten, drei Frauen und einem Mann,konnten wir keine eindeutige Zugehörigkeit zu den besprochenen Farbsehstörungen finden. Sie zeichneten sich alle durch massenhafte Fehler im FM 100-hue Test aus, die zwischen 494 und 614 Punkten lagen. Bemerkenswert sind die in allen vier Diagrammen zu sehenden Protan-, Deutan- und Tritanachsen, die sich aber durch die gehäuften Fehler nicht in gewohnter Weise abheben (siehe Schaubild 4). Das Verhältnis von Patienten ohne

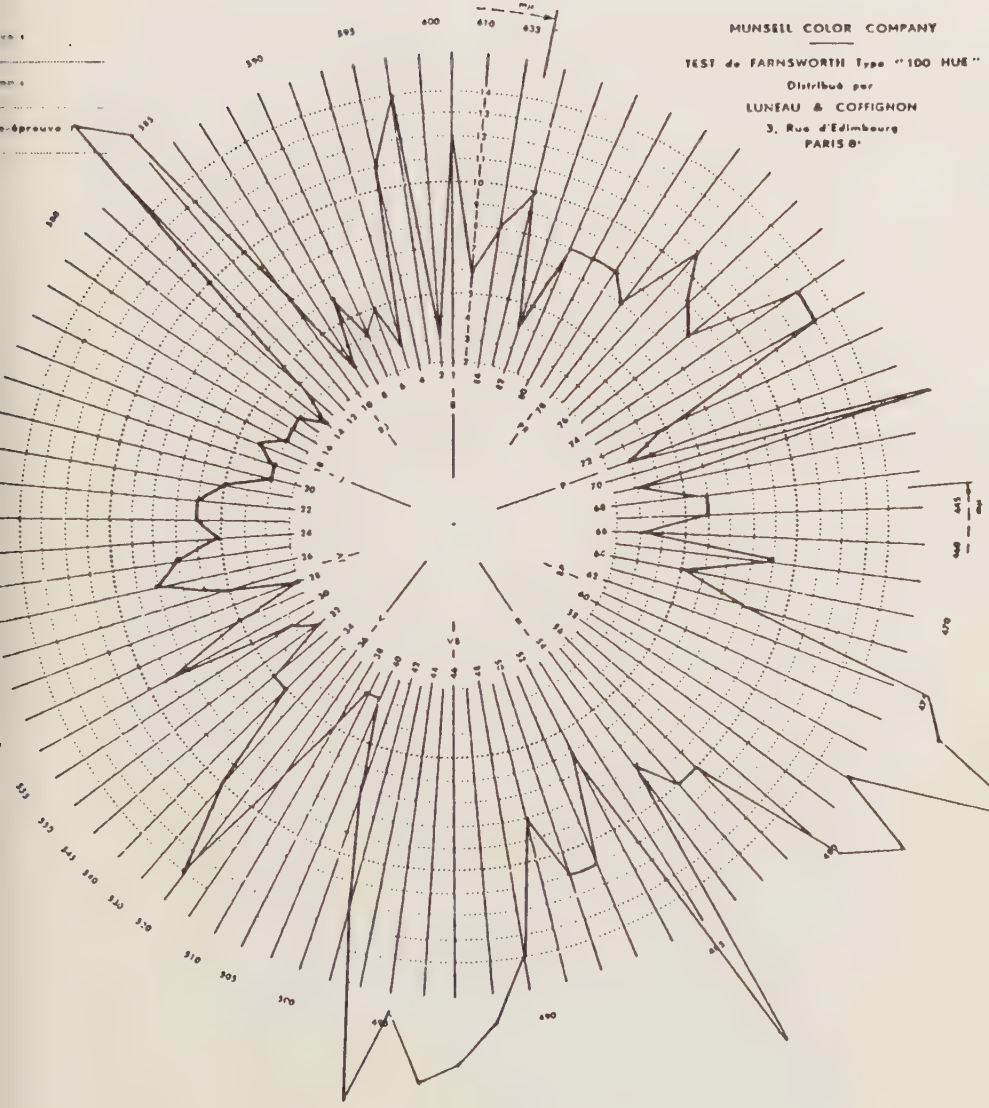


Schaubild Nr. 4

Farnsworth-Munsell Diagramm mit unspezifischem Farbsehverlust

Tabelle 6: Testergebnisse des FM 100-hue Tests, durchgeführt an 345Diabetikern

Testergebnisse	Alter	Diabetes-dauer	R_0	R_I	R_{II}	R_{III}	R_0:$R_{I,II,II}$	Fehlerpunkte im FM 100-hue Test
normale Testergebnisse n=324 (=94%)	48 (±21)	11 (±7)	76%	17%	5%	2%	3,2:1	90
pathologische Testergebnisse n=21 (=6%)	59 (±13)	17 (±11)	52%	29%	5%	14%	1,1:1	306
Deutanomale und Deutanope	50 (±12)	13 (±11)	66%	33%	-	-	3:1	244
Protanomale und Protanope	55 (±20)	18 (±7)	66%	-	33%	-	2:1	208
Tritanope	67 (±10)	25 (±11)	40%	40%	-	20%	1:1,5	286
unspezifische Farbsehdefekte	67 (±9)	13 (±6)	25%	25%	-	50%	1:3	543

Retinopathie zu denen mit Retinopathie betrug 1:3. Eine Diabetikerin wies eine Retinopathie I auf, zwei andere Patienten eine Retinopathie III (siehe Tabelle 6).

3.4 Ergebnisse des Clinitests^{R}

3.4.1 Richtiges Ablesen des Clinitests^{R}

Von den insgesamt 30 Patienten, die an diesem Test teilgenommen haben, ordneten 87% (=26) der Diabetiker, 15 Männer (=83%) und 11 Frauen (=92%), den sechs verschiedenfarbigen Vordrucken die entsprechenden farbigen Flüssigkeiten richtig zu. Sie waren im Durchschnitt 45 ($\pm$22) Jahre alt, die mittlere Diabetesdauer betrug 11 ($\pm$7) Jahre. Das Verhältnis der nicht an Retinopathie Erkrankten zu denen, die an Retinopathie erkrankt waren, betrug 19 zu 7 oder 2,7:1. Fünf Patienten hatten eine Retinopathie I, eine Retinopathie II wiesen zwei Diabetiker auf.

In dieser Gruppe befand sich ein Patient, der im Ishihara Test und im FM 100-hue Test eine Protanopie zeigte. Er konnte trotz dieser Farbsehstörung den Clinitest richtig ablesen. Die übrigen Patienten besaßen in keinem der genannten Tests spezifische Farbsehstörungen. Mit durchschnittlich 115 Fehlerpunkten im FM 100-hue Test lagen diese 26 Diabetiker aber im Bereich der Gruppe mit unterdurchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen.

3.4.2 Falsches Ablesen

13% (=4) der Diabetiker, einer Frau und drei Männern, unterliefen Fehler bei der Zuordnung der verschiedenen Lösungen zu den jeweiligen Standardfarbtafeln. Sie waren mit durchschnittlich 56 (±31) Jahren und einer mittleren Diabetesdauer von 22 (±14) Jahren älter und länger an Diabetes erkrankt, als die Gruppe mit richtigem Ablesen des Clinitests^{R}. Zwei dieser vier Patienten, entsprechend einem Verhältnis 1:1, besaßen eine Retinopathie I bzw. II. Die mittlere Fehlerpunktzahl dieser Gruppe von Patienten lag im FM 100-hue Test bei 213.

Tabelle 7: Verschiedene Parameter der 30 Diabetiker, die am Clinitest^{R} teilnahmen.

Testergebnisse	n	Alter	Diabetesdauer	R_0	R_I	R_{II}	R_{III}	R_0:$R_{I,II,III}$
richtiges Ablesen	26	45 (±22)	11 (±7)	73%	19%	8%	-	2,7:1
falsches Ablesen	4	56 (±31)	22 (±14)	50%	25%	25%	-	1:1

R=Retionopathie

Zu diesen vier Patienten mit fehlerhaftem Ablesen des Clinitests^{R} gehörte eine 75 jährige Diabetikerin, sie war seit 10 Jahren zuckerkrank und ohne diabetische Retinopathie. Ihr Visus, anhand der

Niedentafel festgestellt, ergab beidseits einen Wert von Nieden eins. Sie ordnete die 1/2% Harnzuckerlösung dem Farbdruck der 3/4% zu und die 3/4% Lösung dem Farbdruck der 1/2%. Alle anderen Zuordnungen konnten fehlerfrei durchgeführt werden. Die übrigen Farbsehtests ergaben keine spezifischen Farbsehstörungen. Mit 237 Fehlerpunkten im FM 100-hue Test besaß sie nur geringes Farbunterscheidungsvermögen.

Ein 15jähriger Jugendlicher mit einer Diabetesanamnese von 11 Jahren ohne Veränderungen im Sinne einer Retinopathie und mit beidseitigem Visuswert von Nieden eins,ordnete die 1/2% Harnzuckerlösung der 1/4% und die 3/4% der 1/2% zu. Mit 140 Punkten im FM 100-hue Test zeigte er ebenfalls geringes Farbunterscheidungsvermögen, aber keine spezifischen Farbsehdefekte.

Der dritte Patient, ein 74jähriger Mann, seit 28 Jahren Diabetiker,erkrankte an einer Retinopathie III, zeigte auf dem rechten Auge einen Visus von Nieden eins, links einen Niedenwert von fünf. Lediglich die 3/4% Uringlucoselösung machte ihm bei Clinitest^{R} Schwierigkeiten. Er ordnete diese Flüssigkeit dem Farbdruck der 1/2%-Lösung entsprechend zu. Mit 291 Punkten im FM 100-hue Test besaß er geringes Farbunterscheidungsvermögen. In keinem Farbtest konnten wir aber spezifische Farbsehdefekte nachweisen.

Der vierte, ein 66jähriger Patient, seit 39 Jahren Diabetiker, hatte eine Retinopathie I. Der Visus

wurde auf beiden Augen mit Nieden vier bewertet. Im Clinitest® hatte er erhebliche Zuordnungsschwierigkeiten. Lediglich die 0% und die 1/4% Glucoselösung wurden von ihm richtig erkannt. Alle anderen, d.h. die 1/2%, die 3/4%, die 1% und die 2% Harnzuckerkonzentrationen wurden jeweils der vorangegangenen Farbe zugeordnet. Das bedeutet, die 1/2% wurde für die 1/4% gehalten, die 3/4% für die 1/2%, die 1% für die 3/4% und die 2% für die 1%-Lösung. Im Ishihara Test fanden wir keine spezifischen Farbsehdefekte. Der FM 100-hue Test aber zeigte eine Tritanopie mit einer Fehlerpunktzahl von 184 Punkten.

3.5 Gegenüberstellung der verschiedenen Farbsehtests

Bevor wir die einzelnen Tests miteinander vergleichen, soll noch eine kurze Aufstellung erfolgen, die die Durchführung des Ishihara Tests, des FM 100-hue Tests und des Clinitests^{R} im Hinblick auf die Retinopathie untersuchen. Dabei wurde der jeweilige prozentuale Anteil an Farbsehstörungen bei Patienten ohne und mit Retinopathie errechnet (siehe Tabelle 8).
Dabei ist zu erkennen, daß bei Patienten mit einer Retinopathie der prozentuale Anteil an spezifischen Farbsehstörungen im FM 100-hue Test bzw. falsches Ablesen des Clinitests^{R} größer ist als bei Diabetikern ohne diabetische Retinopathie. Einen weitaus geringeren Einfluß der Retihopathie auf Farbsehstörungen kann man bei den Ishiharatafeln feststellen.

3.5.1 Diabetiker mit gleichartigen Farbsehstörungen im Ishihara Test und FM 100-hue Test

Bei 13 Diabetikern,einer Frau und 12 Männern, wurden in beiden Tests die gleichen Farbsehstörungen festgestellt. Neun von ihnen hatten in beiden Untersuchungen Deutandefekte. Unter Protanstörungen litten eine Frau und zwei Männer. Bei einem Diabetiker stellten wir im Ishihara Test eine Farbblindheit fest, die sich im FM 100-hue Test durch massenhafte Fehler ohne spezifische Achsendarstellung zeigte (siehe Tabelle 9).

3.5.2 Diabetiker mit spezifischen Farbsehstörungen im Ishihara Test und normalen FM 100-hue Testergebnissen

In diese Gruppe fallen sechs Patienten, eine Frau

Tabelle 8: Einfluß der Retinopathie auf Farbsehstörungen

	ISHIHARA TEST			FM 100-hue TEST			CLINITEST		
Retinopathie	Anzahl	keine Farbdefekte	spezifische Farbdefekte	Anzahl	keine Farbdefekte	spezifische Farbdefekte	Anzahl	richtiges Ablesen	falsches Ablesen
Keine Retinopathie	258 100%	243 94%	15 6%	258 100%	247 96%	11 4%	21 100%	19 90%	2 10%
Retinopathie	87 100%	81 93%	6 7%	87 100%	77 88%	10 12%	9 100%	7 78%	2 22%

und fünf Männer. Drei von ihnen zeigten nur im Ishihara Test eine Deutanomalie, ohne daß diese Störung im FM 100-hue Test bestätigt werden konnte. In diesem Test besaß ein Diabetiker ein durchschnittliches Farbunterscheidungsvermögen, die beiden anderen lagen im Bereich des verminderten Farbsehvermögens.
Eine Deutanopie im Ishihara Test hatten eine Frau und ein Mann, die nicht im FM 100-hue Test bestätigt wurde. Sie verfügten aber mit einer Fehlerzahl von weit über 100 Punkten über geringes Farbunterscheidungsvermögen.
Normalen Farbsinn ohne pathologische Achse im FM 100-hue Test besaß ein Patient, bei dem wir im Ishihara Test eine Protanopie diagnostizierten (siehe Tabelle 9).

.5.3 Diabetiker mit unauffälligem Ishihara Test und Farbsehstörungen im FM 100-hue Test

Hier sind drei Patientinnen zu nennen, die keinerlei Störungen im Ishihara Test aufwiesen, aber durch massenhafte Fehler im FM 100-hue Test auffielen. Bei keiner von ihnen war ein eindeutiger Befund zu erheben, da bei allen sowohl die Deutan-, Protan- als auch Tritanachse betroffen war (siehe Tabelle 9).

.5.4 Diabetiker mit unterschiedlich pathologischen Ergebnissen in Ishihara Test und FM 100-hue Test

Zwei Patientinnen, beide tritanop im FM 100-hue Test, zeigten unterschiedliche Befunde im Ishihara-Test. Eine von ihnen wies eine eindeutige Deutano-

pie auf, die andere war trotz mehrmaligen Versuchen nicht fähig, eine weitere Tafel außer der ersten im Ishihara Test zu lesen. Wir stuften sie deshalb im letztgenannten Test als farbenblind ein (siehe Tabelle 9).

3.5.5 Diabetiker mit richtiger Zuordnung des Clinitests^{R} trotz spezifischer Farbsehstörungen im Ishihara Test und im FM 100-hue Test

An dieser Stelle ist ein Diabetiker zu erwähnen, der keinerlei Schwierigkeiten besaß, die farbigen Harnglucoselösungen den entsprechenden Farben der Standardtafeln des Clinitests^{R} zuzuordnen, obwohl wir in den beiden übrigen Untersuchungen eine Protanopie diagnostizierten (siehe Tabelle 9).

3.5.6 Diabetiker mit falscher Zuordnung des Clinitests^{R} und spezifischen Farbsehstörungen im FM 100-hue Test

Ein Patient mit Diabetes mellitus machte Zuordnungsfehler im Clinitest^{R}, indem er alle Lösungen bis auf die 0% und die 1/4% jeweils um 1/4% bzw. um 1% zu niedrig einstufte.
Im FM 100-hue Diagramm hatten wir bei ihm eine Tritanachse festgestellt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Gegenüberstellung der einzelnen Testergebnisse mit gleichem und unterschiedlichem Befund

Name und Geschlecht		Alter	Diabetes-dauer	Retino-pathie	Ishihara-Test Farbschdefekt	FM 100-hue Test Farbschdefekt	Punkte	Clinitest^{R}
ad 3.5.1								
W. K-H.	m	51	1	0	Deutanomalie	Deutanomalie	178	kein Teilnehmer
B. J.	m	45	17	I	"	"	197	"
S. T.	m	52	2	0	"	Deutanopie	326	"
W. K -H.	m	38	1	0	Deutanopie	Deutanomalie	146	"
M. H.	m	31	25	I	"	"	160	"
R. B.	m	68	8	0	"	Deutanopie	338	"
H. W.	m	67	8	0	"	"	258	"
G. K-H.	m	49	30	0	"	"	296	"
S. K-H.	m	46	23	I	"	"	296	"
H. R.	m	32	10	0	Protanopie	Protanomalie	306	"
S. M.	w	70	21	II	"	Protanopie	168	"
H. K.	m	62	23	0	"	"	151	richtig gelöst
K. R.	m	58	15	0	farbenblind	unspezifisch	514	kein Teilnehmer
ad 3.5.2								
H. T.	m	18	8	0	Deutanomalie	kein Defekt	69	kein Teilnehmer
M. J.	m	47	30	0	"	"	163	"
S. R.	m	49	15	0	"	"	198	"
D. F.	w	72	12	0	Deutanopie	"	209	"

Tabelle 9: Fortsetzung

Name und Geschlecht	Alter	Diabetes-dauer	Retino-pathie	Ishihara-Test Farbschdefekt	FM 100-hue Test Farbschdefekt	Punkte	Clinitest^{R}
ad 3.5.2							
H. E. m	71	20	II	Deutanopie	kein Defekt	340	kein Teilnehmer
A. H-G. m	39	25	0	Protanopie	"	88	"
ad 3.5.3							
F. E. w	62	12	III	kein Defekt	unspezifisch	464	"
P. W. w	71	20	III	"	"	614	"
W. O. w	78	6	I	"	"	548	"
ad 3.5.4							
F. M. w	71	22	I	Deutanopie	Tritanopie	362	"
R. A. w	76	20	0	farbenblind	"	397	"
ad 3.5.5							
H. K. m	62	23	0	Protanopie	Protanopie	151	richtig gelöst
ad 3.5.6							
L. J. m	66	39	I	kein Defekt	Tritanopie	184	falsch gelöst

Diskussion

Mit dieser Arbeit wollten wir untersuchen, ob Diabetiker im Vergleich zur Normalbevölkerung für alle Bereiche oder für einen bestimmten Sektor des Farbenspektrums ein vermindertes Farbunterscheidungsvermögen bzw. einen Farbsehdefekt besitzen. Dabei sollte der Einfluß von Alter, Diabetesdauer und Retinopathie berücksichtigt werden. Schließlich versuchten wir an einem kleinen Kollektiv von 30 Patienten zu prüfen, inwieweit eventuell bestehende Farbsehstörungen eine Fehldeutung bei der Harnglucoseselbstkontrolle mit dem Clinitest^{R} verursachen. Auf Grund des unterschiedlichen Aufbaues und der nicht immer übereinstimmenden Ergebnisse des Ishihara Tests und des FM 100-hue Tests (14) müssen die Befunde im Einzelnen besprochen werden. Die Ishiharatafeln geben Auskunft über angeborene Rot-Grünstörungen und über Farbblindheit. Sie sind in erster Linie zum Farberkennen geeignet (15). Im Gegensatz dazu mißt der FM 100-hue Test das Farbunterscheidungsvermögen und die Farbverwechslung. Mit ihm kann man angeborene und erworbene Farbsehstörungen diagnostizieren (16).
So wurden nach dem Lesen der Ishiharatafeln bei 5,5% der Diabetiker eine Rot-Grünstörung festgestellt. Der Hauptanteil mit 4,3% war deutanomal oder deutanop. Lediglich 1,2% waren protanop. Mit 4,6% waren die männlichen Patienten viel häufiger als die weiblichen mit 0,9% von Rot-Gründefekten betroffen. Im FM 100-hue Test fielen nur 3,5% der Untersuchten mit Deutan- bzw. Protanstörungen auf. Auch hier waren die Deutandefekte mit 2,6% häufiger

als die Protandefekte, die nur mit 0,9% vertreten waren. 3,2% der Männer und nur 0,3% der Frauen besaßen diese Rot-Grünanomalie. Bei einer Häufigkeit von 4-5% an Rot-Grünstörungen in der gesamten Normalbevölkerung, mit einem Mehranteil an Deutandefekten, wobei die weibliche Bevölkerung nur in 0,4% (11, 12) betroffen ist, sieht man, daß die von uns untersuchten Diabetiker genauso häufig an einem Deutan- bzw. Protandefekt leiden wie die gesunde Bevölkerung. Der in der männlichen Bevölkerung auftretende 8%ige Anteil an Rot-Grün-Gestörten (11, 12) wurde dabei für das untersuchte Kollektiv noch nicht einmal erreicht (3,2% für den FM 100-hue Test und 4,6% für den Ishihara Test). Kinnear et al. (8) fanden unter den von ihnen untersuchten Diabetikernebenfalls keinen höheren Prozentsatz an Rot-Gründefekten als in der Normalbevölkerung. Lediglich bei den über sechzig Jahre alten Diabetikern diagnostizierten sie vermehrt Rot-Grünstörungen. Unsere Patienten mit dieser Anomalie waren 3 bzw. 5 Jahre älter als die Diabetiker ohne Farbsehstörungen, jedoch konnten wir keine Zunahme dieser Defekte nach dem sechzigsten Lebensjahr feststellen.

Im Gegensatz hierzu steht eine Untersuchung von Vassiliou et al. (17). Sie untersuchten mit verschiedenen Farbtests 200 diabetische Kinder im Alter von 6 und 15 Jahren. Bei 40 von ihnen wurde erst kürzlich ein Diabetes mellitus diagnostiziert, die übrigen 160 Kinder hatten eine längere Diabetesanamnese. In der ersten Gruppe zeigten 5% eine mögliche Protanstörung, die übrigen hatten keine Farbsehdefekte. In der zweiten Gruppe

mit längerer Diabetesdauer besaßen 45% eine Farbsehstörung, die zum größten Teil aus Rot-, dann aus Grünstörungen und in einem geringen Maße aus Blau-Gelbdefekten bestand. Eine solche Zunahme der Protan- bzw. Deutananomalie im Vergleich zur Normalbevölkerung konnten wir in unseren Untersuchungen nicht bestätigen, allerdings fanden wir ebenfalls eine längere durchschnittliche Erkrankungsdauer bei den Diabetikern mit den genannten Farbsehanomalien.

Tritanomalie und Tritanopie konnten nur mit dem FM 100-hue Test diagnostiziert werden, da die Ishiharatafeln für diesen Farbbereich keine Aussage zulassen. Die in der gesunden Normalbevölkerung nur bei 0,0001-0,002% auftretenden Blau-Gelbstörungen (11, 12) fanden wir bei 1,5% der Diabetiker vor. Dieser um ein Vielfaches höhere Prozentsatz an Tritanopie läßt sich, wie von mehreren Autoren festgestellt, durch die diabetische Erkrankung erklären. So untersuchten Barca und Vaccari (10, 13) mit Hilfe des FM 100-hue Tests 24 bzw. 25 Diabetiker, alle an Retinopathie erkrankt, und fanden bei 30 bis 46% von ihnen Störungen im Tritanbereich. Einen so hohen Anteil an Blau-Gelbstörungen konnten wir jedoch nicht bestätigen. Allerdings zeigten nur 11% unseres Patientengutes eine Retinopathie, die ebenfalls einen Einfluß auf die Tritanopie ausübt. So konnten wir feststellen, daß 60% der Tritanopen eine diabetische Netzhautveränderung aufwiesen, während nur 24% der Diabetiker ohne Farbsehstörungen im FM 100-hue Test eine Retinopathie hatten. Einen weitaus geringeren Anteil an Tritanopie als Barca

und Vaccari zeigte die Untersuchung von Vassiliou et al. (17), dort hatten nur 6,2% der 200 diabetischen Kinder eine Tritanopie. Kinnear et al. (8) und Lakowski et al. (9) untersuchten Diabetiker mit dem FM 100-hue Test, dabei stellten sie vermindertes Farbunterscheidungsvermögen fest und mit Hilfe des Pickford Nicolson Anomaloskop ebenfalls vermehrte Störungen im Blau-Gelbbereich. 28% ihrer Untersuchten hatten eine Retinopathie. Auch hier erzielten Patienten mit Retinopathie schlechtere Ergebnisse als Diabetiker ohne Netzhautveränderungen. Alter und Diabetesdauer waren bei dieser Gruppe der von uns untersuchten Patienten mit 67 und 25 Jahren vergleichsweise höher als bei Diabetikern ohne Farbsehstörungen. Dort betrug das mittlere Alter 48 Jahre und die Erkrankungsdauer 11 Jahre. Eine Zunahme der Tritanstörungen bei längerer Diabetesdauer konnte Muntoni et al. (18) nicht feststellen. Die 102 von ihnen untersuchten Diabetiker waren jedoch im Durchschnitt nur 4,5 ($\pm$ 3,1) Jahre an Diabetes erkrankt, und mit einem mittleren Alter von 17 ($\pm$ 5,2) Jahren waren sie weitaus jünger und kürzer an Diabetes erkrankt als die von uns untersuchten Patienten. Muntoni et al. diagnostizierten bei 70% ihrer Patienten eine Tritanopie, wobei keiner der 102 Diabetiker eine Retinopathie besaß. Sie schließen somit die diabetische Retinopathie als Ursache von Dyschromatopsien aus. Da sie eine positive Korrelation zwischen Farbverschlechterungen und einem hohen Spiegel an glykolysiertem Hämoglobin, der zu

einer Hypoxie der neuroepithelialen Schicht durch Verminderung sowohl des Sauerstoffs als auch der Erythrozytendeformabilität führt, vermuten sie, daß der Spiegel an glykolysiertem Hämoglobin ein Indikator für schlechte diabetische Kontrolle und eine Verbindung zwischen Diabetes und Dyschromatopsie darstellt.
Wäre das wirklich der Fall, dann würde die Farbsehverschlechterung mit Verbesserung der Stoffwechselkontrolle reversibel sein, es sei denn, es wären bereits Dauerschäden eingetreten.
Kinnear et al. (8) führen die Tritanopie bei Diabetes mellitus auf einen Neuronenuntergang auf der Retina zurück. Der exakte Mechanismus des Blausehens ist bis heute noch nicht vollständig erforscht, allerdings gibt es Anhaltspunkte, daß dieser Defekt sich in seinen Hauptmerkmalen von den Rot-Grünstörungen unterscheidet. Kinnear et al. nehmen an, daß für das Blausehen eine größere räumlichere Neuronendichte vorhanden sein muß als für das Rot-Grünsehen, deshalb nimmt in diesem Fall die Fähigkeit des Blausehens am frühesten ab. Cox (19) und Marmion et al. (20) begründen diese Farbsehverluste ebenfalls mit einer verminderten Blutzufuhr oder mit einer metabolischen Ischämie.
Außer diesen spezifischen Farbsehstörungen stellten wir bei 1,2% der von uns untersuchten Diabetikern im FM 100-hue Test unspezifische Farbsehdefekte fest. Sie sind deshalb getrennt zu erwähnen, weil sie Farbsehstörungen besitzen, jedoch weder zu den Protanopen, Deutanopen noch zu den Tritanopen gezählt werden können, da alle

drei Farbachsen im Diagramm betroffen waren. Bei dieser Patientengruppe treffen mehrere Gründe zusammen, die zu Farbsehdefekten führen. Als erstes muß der Diabetes mellitus genannt werden, der wie bereits gesagt zu Tritanstörungen, aber auch zu unspezifischen Farbsehstörungen führt. Lakowski und Kinnear (21) bestätigen anhand von Untersuchungen mit dem FM 100-hue Test, daß die meisten Diagramme von Diabetikern mit großer Fehlerpunktzahl entweder vom Tritantyp sind oder keine spezifische Dyschromatopsieachse besitzen. Auch Birch-Cox (22) fand bei Diabetikern die Tritanopie und den unspezifischen Farbsehverlust. Ein zweiter Grund, der seinerseits zu Farbsehverlusten führt, ist die Retinopathie. 75% der Diabetiker mit unspezifischen Farbsehverlusten besaßen eine Retinopathie. Lakowski et al. (9) beobachteten auch bei ihren Patienten eine enge Beziehung zwischen Retinopathie und ungenügender Durchführung des Farbsehtests. Zudem ist diese Gruppe von Diabetikern mit unspezifischen Farbsehstörungen mit durchschnittlich 67 Jahren weitaus älter als die übrigen der von uns untersuchten Patienten. Mit dem Alter tritt aber eine zunehmende Verschlechterung des Farbensehens ein (23). Keinen Zusammenhang konnten wir aber zwischen diesen Störungen und der Diabetesdauer feststellen, da die mittlere Erkrankungsdauer dieser Patienten nicht größer war als die der Farbsehtüchtigen. Auch Makuladegenerationen können zu Farbsehminderungen führen, so untersuchte Cox (24) 30 ältere Patienten mit Makuladegenerationen auf ihr Farbsehvermögen. Dabei stellte er

fest, daß der größere Teil eine erworbene Tritanopie hatte, die übrigen besaßen zusätzlich zur Tritanopie eine Rot-Grünstörung. Eine Makuladegeneration als Teilursache dieses Defektes muß hier berücksichtigt werden, da sie sich bereits bei einer Patientin manifestiert hatte.

Untersucht man das allgemeine Farbunterscheidungsvermögen ohne spezifische Farbsehdefekte aller von uns untersuchten Patienten, so konnten wir bestätigen, daß Diabetiker über ein schlechteres Farbsehvermögen verfügen als die Normalbevölkerung. Dabei war der Anteil an Patienten mit überduchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen um 5% geringer, der Anteil derjenigen mit durchschnittlichem um 12 % geringer und der Teil an Diabetikern mit unterdurchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen um 19% höher als in der Normalbevölkerung. Auch die von Barca und Vaccari (10) mit dem FM 100-hue Test untersuchten Diabetiker mit Retinopathie erzielten viel höhere Fehlerpunktzahlen als die Normalbevölkerung. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch Kinnear et al. (8), die berichten, daß Diabetiker über ein schlechteres Farbsehvermögen verfügen als die Normalbevölkerung. Zudem stellten sie fest, daß 40% der Zuckerkranken unter 30 Jahre und 28% derjenigen zwischen 30 und 50 Jahren eine höhere Fehlerquote als 95% der gesunden Bevölkerung in entsprechendem Alter erreichten. Da diese allgemeine Farbsehminderung ähnlich derjenigen im Alter ist, sind sie der Auffassung, daß die

diabetische Farbsehverschlechterung eine beschleunigte Variante der senilen Form darstellt.
Eine spätere Untersuchung von Lakowski et al. (9) bestätigt, daß die Fehlerzahl des FM 100-hue Tests von Diabetikern in allen Altersstufen höher ist als die einer entsprechenden Normalgruppe. Einen weiteren Einfluß auf das Farbsehen der von uns untersuchten Patienten schien das Alter der Diabetiker zu haben. So waren die Teilnehmer mit überdurchschnittlicher Farbunterscheidung 28 Jahre, die mit normalem Farbsehen 45 Jahre und die Patienten mit unterdurchschnittlichem Farbsehvermögen 57 Jahre alt. Ebenso machte Verriest (23) die Beobachtung, daß nach dem 35. Lebensjahr selbst bei Gesunden die Fehlerpunktzahl im FM 100-hue Test mit dem Älterwerden zunimmt. Auch Lakowski et al. (9) bewiesen, daß die wenigsten Fehler sowohl bei Diabetikern als auch bei der Normalbevölkerung im Alter zwischen 20 und 30 Jahren gemacht werden, danach aber mit Zunahme des Alters auch eine Erhöhung der Fehlerzahl stattfindet. Auch die Retinopathie verringert das Farbunterscheidungsvermögen, so hatten nur 6% der von uns untersuchten Diabetiker mit überdurchschnittlichem Farbunterscheidungsvermögen eine Retinopathie, während 24% der Patienten mit durchschnittlichem und 30% derjenigen mit unterdurchschnittlichem Farbsinn eine Retinopathie besaßen. Auch Kinnear et al. (8) und Lakowski et al. (9) konnten eine Beziehung zwischen dem Vorhandensein einer Retinopathie und schlechterer Durchführung von Farb-

sehtests herstellen. Weitaus geringer als das Alter der Patienten oder das Bestehen einer Retinopathie ist der Unterschied zwischen den drei Gruppen mit verschieden starkem Farbsehvermögen, wenn man ihre jeweilige Diabetesdauer betrachtet. Zwar findet man auch hier eine leichte Zunahme der Erkrankungsdauer mit zunehmend schlechter werdendem Farbunterscheidungsvermögen, aber die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen sind wesentlich geringer, vergleicht man sie mit der Alterszunahme der einzelnen Kategorien. Bronte-Stewart et al. (25) untersuchten mit dem FM 100-hue Test 60 Kinder, um festzustellen, ob mit zunehmender Diabetesdauer eine Verschlechterung des Farbsehens eintritt. Sie konnten jedoch keine Zunahme der Fehlerquote mit ansteigender Erkrankungsdauer verzeichnen. So auch Lakowski et al. (9), die außer in der mittleren Altersgruppe keine signifikante Korrelation zwischen Diabetesdauer und Fehlerquote im FM 100-hue Test herstellen konnten.

Zusammenfassend verdeutlichen unsere Untersuchungen, daß Patienten mit Diabetes mellitus über ein geringeres Farbunterscheidungsvermögen verfügen als die Normalbevölkerung. Mit Zunahme des Alters tritt eine Verschlechterung des Farberkennens bzw. ein Anwachsen der Fehlerquote im FM 100-hue Test ein. In der Gruppe von Patienten mit unterdurchschnittlicher Farbsehleistung war der Anteil an Diabetikern mit Retinopathie am größten. Weiterhin konnten wir feststellen, daß ein Anstieg der Diabetesdauer eine geringe Zunahme der Farbseh-

schwäche zur Folge hatte. Dabei war der Einfluß der Diabetesdauer auf die Farbsehleistung weitaus geringer als das Alter der Patienten.

Wie bereits erwähnt, benutzen einige Diabetiker den Clinitest, eine Methode zur Harnzuckerselbstkontrolle.
An einem kleinen Kollektiv von 30 Patienten sollten mögliche Probleme bei der notwendigen Farbinterpretation, die zur Durchführung erforderlich ist, aufgedeckt werden. Die überwiegende Mehrheit (87%) ordnete die sechs verschiedenen Harnzuckerlösungen den entsprechenden Standardfarbvordrucken zu. Dabei waren die weiblichen Patienten den männlichen prozentual überlegen. In dieser Gruppe mit fehlerlosem Ablesen des Clinitests^{R} befand sich auch ein Diabetiker mit nachgewiesener Protanopie, der trotz dieses Farbsehdefektes keinerlei Probleme beim Ablesen des Tests zeigte.
So stellte auch Fetter fest (26), daß nur ein kleiner Teil von Rot-Grünblinden Schwierigkeiten bei der Zuordnung der einzelnen Farbflüssigkeiten des Clinitests^{R} besitzt, wobei die Abweichung nie mehr als einen Farbschritt betrug. Thompson et al. (27), die den Clinitest^{R} von 185 Diabetikern ablesen ließen, fanden ebenfalls nur bei einer geringen Anzahl von Patienten falsche Zuordnungen. Ausgehend von 8% Rot-Grünblindheit in der männlichen Bevölkerung kommen sie zu dem Schluß, daß Clinitest^{R} Mißinterpretationen nur bei mittleren bis schweren Ausprägungen dieser Defekte vorkommen (28, 29).
Der verbleibende Anteil von 13% bildete die Gruppe mit fehlerhafter Zuordnung. Außer einem Tritanopen

hatte keiner dieser Patienten spezifische Farbsehstörungen. Birch-Cox (22) fand aber im Gegensatz dazu bei Tritanopen keine Zuordnungsfehler. Diesen Befund begründete er damit, daß es bei der Clinitest^{R} Interpretation nicht auf eine Farberkennung ankommt, sondern es sich dabei lediglich um eine hell-dunkel-Unterscheidung handelt. Die Mißinterpretation lag im Bereich zwischen 1/2% und 2% Harnglucosekonzentration mit den Farben olivgrün über braun zu orange. Die meisten Verwechslungen geschahen jedoch mit der 1/2% und der 3/4% Lösung. Keiner der Patienten machte gravierende Fehler, immer handelte es sich um eine Vertauschung nebeneinanderliegender Farben. Jedesmal, bis auf eine Ausnahme, wurde die Flüssigkeit um jeweils einen Farbschritt zu niedrig eingestuft. Die 0% Harnzuckerlösung mit ihrer blauen Farbe wurde von jedem Diabetiker, selbst von einem Tritanopen, richtig zugeordnet. Im Gegensatz hierzu stellten Aspinall und Hill (30, 31) bei ihren Untersuchungen mit dem Clinitest^{R} eine Überbewertung der verschiedenen Urinzuckerlösungen fest, wobei die meisten Fehler mit der 0,25% Konzentration gemacht wurden. Zusätzlich führten sie einen Vergleich zwischen einer gesunden Gruppe und einer Gruppe von Diabetikern durch. Dabei schnitten die Diabetiker durch eine allgemeine Farbsehminderung bedingt schlechter ab als die gesunden Teilnehmer. Bei unserer Untersuchung, die ausschließlich mit Diabetikern durchgeführt wurde, unterschied sich die Gruppe von Patienten mit falschem Ablesen des Clinitest^{R} folgendermaßen von den übrigen: Sie waren im Mittel um 13 Jahre äl-

ter, hatten einen um 11 Jahre länger andauernden Diabetes, und die Hälfte von ihnen war an einer Retinopathie erkrankt. Im Gegensatz dazu fanden wir bei den Teilnehmern mit fehlerfreier Clinitest[R] Zuordnung nur bei 24% diabetische Netzhautveränderungen. Obwohl beide Gruppen sich durch unterdurchschnittliches Farbunterscheidungsvermögen im FM 100-hue Test auszeichneten, besaß die Gruppe mit fehlerhafter Zuordnung der Farblösungen circa 100 Fehlerpunkte mehr. Auch hier kann man feststellen, daß mit dem Alter der Patienten, der Zunahme der Diabetesdauer und mit Auftreten einer Retinopathie eine Farbsehminderung eintritt, die sich auch in einer schlechteren Ablesbarkeit des Clinitests[R] äußert. Da es aber gerade bei diesen Patienten auf eine gute und sorgfältige Kontrolle des Glucosestoffwechsels ankommt, um ein weiteres Fortschreiten der diabetischen Komplikationen zu verhindern, sollte man regelmäßig prüfen, ob eine Farbsehverschlechterung eingetreten ist, um dann gegebenenfalls ein anderes Diagnostikum (27, 28) einzusetzen, bei dem die einzelnen Farbschattierungen nicht so dicht beieinander liegen, daß sie Anlaß zu Verwechslungen geben.

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit sollte das Farbsehvermögen von Diabetikern und die eventuell daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der Harnzuckerselbstkontrolle untersucht werden.
Zu diesem Zweck untersuchten wir 345 Diabetiker mit der Niedentafel, dem Ishihara Test und dem FM 100-hue Test. Mit einer Gruppe von 30 Patienten führten wir zusätzlich den Clinitest^{R}, der eine Harnzuckerselbstkontrolle erlaubt, durch.
Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:
Die Häufigkeit der Rot-Grünblindheit bei Diabetikern (5,5% und 3,5% für Ishihara Test und FM 100-hue Test) entsprach der Häufigkeit der Normalbevölkerung (4-5%). Beide Tests erwiesen, daß das männliche Geschlecht (4,6% und 3,2% für Ishihara und FM 100-hue Test) stärker betroffen war als das weibliche (0,9% und 0,3% für Ishihara Test und FM 100-hue Test). Auch für die Normalbevölkerung gilt, daß Männer stärker von Rot-Grünstörungen betroffen sind als die Frauen.
Bei den Tritandefekten hat sich bestätigt, daß der Anteil unter den an Diabetes Erkrankten wesentlich höher war (1,5%) als bei der Normalbevölkerung (0,0001-0,002%). Jedoch konnten die Prävalenzraten von Muntoni et al. (70%) und Barca und Vaccari (30 bis 46%) nicht bestätigt werden.
Für die Blau-Gelbgestörten konnte nachgewiesen werden, daß der Anteil der an Retinopathie Erkrankten mit 60% bedeutend höher war als in den übrigen Gruppen. Darüber hinaus hatten diese

durchschnittlich ein höheres Lebensalter als die anderen von uns untersuchten Patienten. Das allgemeine Farbsehvermögen ohne spezifische Farbsehdefekte ist bei Diabetikern im Vergleich zur gesunden Bevölkerung reduziert. So besaßen 54% der von uns untersuchten Diabetiker und 66% der Normalbevölkerung durchschnittliches Farbunterscheidungsvermögen im FM 100-hue Test. Im Bereich des unterdurchschnittlichen Farbunterscheidungsvermögens fanden wir unter Diabetikern einen Anteil von 35% zu 16% in der gesunden Bevölkerung. Zusätzlich war eine Minderung der Farbsehfähigkeiten mit zunehmendem Alter und bei Retinopathie Patienten zu verzeichnen.
Beim Ablesen des Clinitests^{R} ordneten 87% der Diabetiker die Farblösungen den entsprechenden Farbvordrucken richtig zu. 13% der Diabetiker hatten Zuordnungsschwierigkeiten, dabei waren am häufigsten die 1/2% und die 3/4% Farblösungen betroffen. Bis auf eine Ausnahme wurden die Flüssigkeiten um jeweils einen Farbschritt zu niedrig eingestuft. Diejenigen, denen Fehler bei der Zuordnung unterliefen, waren älter, länger an Diabetes erkrankt und besaßen häufiger eine Retinopathie als diejenigen ohne Zuordnungsschwierigkeiten. Sowohl in der Gruppe von Patienten, die den Clinitest^{R} richtig ablasen, als auch in derjenigen, die Fehler bei der Zuordnung machten, befand sich jeweils ein Diabetiker mit spezifischen Farbsehstörungen, die übrigen beider Gruppen zeigten keine spezifischen Farbdefekte.

Literaturverzeichnis

1. Hardin, R.C.
Jackson, R.L.
Johnston, T.L.
Kelly, H.G.
The development of diabetic retinopathy Effects of duration and control of diabetes
Diabetes, 5: 397-405, (1956)

2. Miki, E.
Fukuda, M.D.
Kuzuya, T.
Kosaka, K.
Nakao, K.
Relation of the course of retinopathy to control of diabetes, age and therapeutic agents in diabetic Japanese patients
Diabetes, 18: 773-779, (1969)

3. Dorchy, H.
Toussaint, D.
Devroede, M.
Ernould, Ch.
Loeb, H.
Diagnostic de la retinopathie diabetique infantile par angiographie fluorescéinique.
Description des lésions initiales
Nouv. Presse méd., 6: 345-347, (1977)

4. Pirart, J.
Lauvaux, J.P.
Vassart, A.
Evolution de la rétinopathie diabetique en fonction de la durée et du degré de contrôle du diabète
Diabète, 20: 209-213, (1972)

5. Joplin, G.F.
Blach, R.K.
Cheng, H.
Elkeles, R.S.
Fraser, T.R.
Kohner, E.M.
Oakley, N.W.
Treatability of diabetic retinopathy
in: Diabetes, Proceedings of the Seventh Conference of the IDF. Rodriguez, R.R., and Vallance-Owen, J., Eds., International Congress no. 231, Amsterdam,
Excerpta Medica, 276-280, (1971)

6. Blankenship, G.W.
Skyler, J.S.
Diabetic retinopathy: a general survey
Diabetes care 1:127-134, (1978)

7. Colwell, J.A.
Effect of diabetic control retinopathy.
Diabetes, 15: 497-499, (1966)

8. Kinnear, P.R.
Aspinall, P.A.
Lakowski, R.
The diabetic eye and colour vision
Trans. ophthal. Soc. U.K., 92:
69-78, (1972)

9. Lakowski, R.
Aspinall, P.A.
Kinnear, P.R.
Association between colour vision
losses and diabetes mellitus.
Ophthal. Res., 4: 145-159, (1972/73)

10. Barca, L.
Vaccari, G.
On the impairment of color discrimination in diabetic retinopathy.
A report of 24 cases.
Atti Fond. G. Ronchi, 32: 635-640, (1977)

11. Heinsius, E.
Angeborene Farbensinnstörungen
in: Die Farbsinnstörungen und ihre
Prüfung in der Praxis
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart,
16-20, (1973)

12. Pokorny, S.
Smith, V.S.
Verriest, G.
Congenital Color Defects.
in: Congenital and acquired Color
Vision Defects.
Pokorny, J., Smith, V.C., Verriest, G.
and Pinckers, A.J.L.G. Eds. New York,
Grune and Stratton, 183-184, (1979)

13. Barca, L.
Vaccari, G.
Diabetic retinopathy and colour discrimination under various illuminants
Mod. Probl. Ophthal., 19: 301-304,
(1978)

14. Farnsworth, D.
The Farnsworth-Munsell 100-hue Test
for the examination of color discrimination
Munsell Color Company, INC. Baltimore,
Maryland (1957)

15. Ishihara, S.
The Series of Plates designed as a
Test for Colour-Blindness 24 Plates,
Edition Kanehara Shuppan Co. Ltd.,
Tokyo, (1979)

16. Birch, J.
Chisholm, I.A.
Kinnear, P.
Clinical testing methods
in: Congenital and acquired Color
Vision Defects.
Pokorny, J., Smith, V.C., Verriest, G.
and Pinckers, A.J.L.G., Eds. New York,
Grune and Stratton, 83-135, (1979)

17. Vassiliou, G.
Simonetos, G.
Kastrantas, A.
Colour vision deficiencies in Young
diabetics,
Mod. Probl. Ophthal., 17: 299-301, (1976)

18. Muntoni, S.
Serra, A.
Mascia, C.
Songini, M.
Dyschromatopsia in diabetes mellitus
and its relation to metabolic control
Diabetes Care, 5: 375-378, (1982)

19. Cox, J.
Colour vision defects aqcuired in
diseases of the eye,
Brit. J. Physiol. Optics, 18:
67-79, (1961)

20. Marmion, V.J.
Yurdakul, S.
Keely, E.A.
Genetic correlation of diabetic ex-
sudative retinopathy,
Mod. Probl. Ophthal.,17: 302-303, (1976)

21. Lakowski, R.
Kinnear, P.R.
Diagnosis of congenital Red-Green
Anomalies in patients with clinical
conditions.
Mod. Probl. Ophthal., 13:
369-374, (1974)

22. Birch-Cox, J.
Defective colour vision in diabetic
retinopathy before and after Laser
Photocoagulation
Mod. Probl. Ophthal., 19:
326-329, (1978)

23. Verriest, G.
Further studies on acquired deficiency
of color discrimination,
J. Opt. Soc. Amer., 53:
185-195, (1963)

24. Cox, J.
Colour vision defects acquired in diseases of the eye,
Brit. J. Physiol. Optics, 18: 3-32, (1961)

25. Bronte-Stewart, J.M.
The detection of early visual loss in young diabetes
Proc. roy. Soc. Med., 63: 786-788, (1970

26. Fetter, M.C.
Colorimetric Tests read by color-blind people,
Amer. J. Med. Tech., 29: 349-355, (1963)

27. Thompson, D.G.
Howarth, F.
Taylor, H.
Levy, I.S.
Birch, J.
Defective colour vision in diabetes: a hazard to management
Br. Med. J., 1: 859-860, (1979)

28. Thompson, D.G.
Howarth, F.
Levy, I.S.
Colour blindness, a hazard to diabetics
Lancet, 1: 44, (1978)

29. Taylor, W.O.G.
Achromatism, an unlooked-for hazard with urine self-testing in diabetes
Trans. ophthal. Soc. U.K., 92: 95-99, (1972)

30. Aspinall, P.A.
Hill, A.R.
Cameron, D.
An evaluation of the Ames Clinitest
Papers of the Fifth Symposium of the International Research Group on Colour Vision Deficiencies,
London, (1979)

31. Aspinall, P.A.
Hill, A.R.
Practical problems with the Clinitest
Br. Med. J., 2: 552, (1979)

Herrn Prof. Dr. M. Berger danken wir für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. F. Gries möchten wir danken, daß er uns die Durchführung der Arbeit an dem Diabetischen Forschungsinstitut ermöglicht hat.

Herrn Dr. B.Sachsse danken wir, daß er uns die Durchführung der Arbeit an der Waldklinik Hösel ermöglicht hat.

Herrn Dr. H. Bernsmeier möchten wir für die unermüdliche Beratung bei der Durchführung dieser Arbeit danken.

Lebenslauf

1954	28. November Geburt in Frankfurt/Main
1961 - 1965	Grundschuljahre in Dietesheim/Main
1965 - 1967	Besuch des Mädchengymnasiums der Ursulinen in Offenbach/Main
1967 - 1974	Besuch des Mädchengymnasiums St. Agnes in Stuttgart 21. Juni 1974 Reifeprüfung
1974 - 1978	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Université de Picardie, Amiens (Frankreich) 24. Juli 1978 Anerkennung der Ärztlichen Vorprüfung durch das Hessische Landesprüfungsamt für Heilberufe
1978 - 1982	Studium der Humanmedizin an den Universitäten Düsseldorf und Essen 30. August 1979 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 21. August 1981 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 23. November 1982 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 13. Dezember 1982 Approbation als Ärztin

1982	17. Dezember Eheschließung mit Christoph v. Marchtaler
1983	Seit 1. August Assistenzärztin in der gynäkologischen Abteilung des Robert-Bosch-Krankenhauses Stuttgart

Lebenslauf

1954	5. März Geburt in Hamburg
1961 - 1964	Grundschuljahre in Hamburg
1965 - 1974	Besuch des altsprachlichen Gymnasiums "Christianeum" in Hamburg 12. Juni 1974 Reifeprüfung
1974 - 1975	achtmonatiger Grundwehrdienst bei der Bundeswehr
1975 - 1976	Jurastudium an der Universität Heidelberg
1976 - 1977	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Universität München
1977 - 1978	Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Hochschule Hannover 25. August 1978 Ärztliche Vorprüfung
1978 - 1982	Studium der Humanmedizin an den Universitäten Düsseldorf und Essen 30. August 1979 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 21. August 1981 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 23. November 1982 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 13. Dezember 1982 Approbation als Arzt

1982	17. Dezember Eheschließung mit Judith Keiner
1983	Beendigung des Restgrundwehrdienstes als Stabsarzt bei der Bundeswehr Seit 1. Juli Assistenzarzt in der Hals-Nasen-Ohren Abteilung des Marienhospitals Stuttgart

Druck: Polyfoto - Dr. Vogt KG
Forststraße 58, 7000 Stuttgart 1
Telefon (07 11) 61 06 41

Druck: Polyfoto - Dr. Vogt KG
Forststraße 58, 7000 Stuttgart 1
Telefon (07 11) 61 06 41